

Correlation between nasal resistance and different acoustic rhinometry parameters in children and adolescents with and without allergic rhinitis

Correlação entre a resistência nasal e diferentes parâmetros da rinometria acústica em crianças e adolescentes com e sem rinite alérgica

Gustavo Falbo Wandalsen¹, Aline Inês Mendes², Dirceu Solé³

Keywords:

nasal obstruction,
rhinitis,
rhinomanometry,
rhinometry, acoustic.

Palavras-chave:

obstrução nasal,
rinite,
rinomanometria,
rinometria acústica.

Abstract

Acoustic rhinometry and rhinomanometry are important tests used to assess nasal function. The degree to which the parameters of these tests are correlated is yet to be established. **Objective:** This paper aimed to study the correlations between nasal resistance (NR) and acoustic rhinometry parameters in children and adolescents with allergic rhinitis and controls. **Method:** Twenty patients with allergic rhinitis and 20 controls were enrolled. NR, volumes (V4, V5, V2-5), and minimal cross-sectional areas (MC1, MC2) were measured in three moments: baseline, after induction of nasal obstruction and after topical decongestant administration. **Results:** Patients with allergic rhinitis had significant correlation between NR and all volumes (V5: $r = -0.60$) and with MC2. Among controls, MC1 was the parameter with the strongest correlation with NR at baseline ($r = -0.53$) and after decongestant administration. In the combined analysis, V5 had the highest correlation coefficients at baseline ($r = -0.53$), after obstruction ($r = -0.58$) and after decongestant ($r = -0.46$). **Conclusions:** Our data showed that NR and acoustic rhinometry parameters have negative and significant correlations. Nasal volumes are, in general, better correlated than minimal cross-sectional areas. V5 was the parameter with the highest correlation in the rhinitis group and in the combined analysis.

Resumo

Rinometria acústica e rinomanometria são importantes técnicas de avaliação da função nasal. Ainda não está definido em que extensão suas variáveis se correlacionam. **Objetivo:** Avaliar as relações entre a resistência nasal (RN) e parâmetros da rinometria acústica em crianças e adolescentes com rinite alérgica e controles. **Método:** Vinte pacientes com rinite alérgica e 20 controles foram avaliados. RN, volumes (V4, V5, V2-5) e menores áreas transversais (MC1, MC2) foram mensurados em três momentos: basal, após indução de obstrução nasal e após descongestionante tópico. **Resultados:** No grupo rinite, a RN se correlacionou significativamente com todos os volumes (V5: $r = -0,60$) e com MC2. Nos controles, MC1 foi o parâmetro com melhor correlação com a RN no momento basal ($r = -0,53$) e após descongestionante. Na análise conjunta dos dados, V5 foi o que apresentou as melhores correlações, no momento basal ($r = -0,53$), quando obstruído ($r = -0,58$) e após descongestionante ($r = -0,46$). **Conclusões:** Nossos dados demonstram haver correlação negativa e significativa entre os valores de rinometria acústica e RN. Em geral, os volumes apresentaram melhor correlação com a RN do que as menores áreas transversais. V5 foi a variável com melhor correlação no grupo com rinite alérgica e na análise conjunta.

¹ Doutor em Ciências pela UNIFESP-EPM (Professor Adjunto Disciplina de Alergia, Imunologia e Reumatologia da UNIFESP-EPM).

² Mestre em Ciências pela UNIFESP-EPM (Pesquisadora Associada a Disciplina de Alergia, Imunologia Clínica e Reumatologia, UNIFESP-EPM).

³ Livre-Docente pela UNIFESP-EPM (Professor Titular da Disciplina de Alergia, Imunologia e Reumatologia da UNIFESP-EPM).

Disciplina de Alergia, Imunologia Clínica e Reumatologia. Departamento de Pediatria, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP-EPM).

Endereço para correspondência: Gustavo F. Wandalsen. Rua dos Otonis nº 725. Vila Clementino. São Paulo - SP. CEP: 04025-002.

FAPESP (processo 04/11580-9).

Este artigo foi submetido no SGP (Sistema de Gestão de Publicações) da BJORL em 5 de junho de 2012. cod. 9239.

Artigo aceito em 2 de setembro de 2012.

INTRODUÇÃO

A rinomanometria é uma das técnicas mais estudadas, empregadas e padronizadas para o estudo da função nasal. Com a utilização dessa técnica, é possível mensurar dinamicamente as relações entre os fluxos (inspiratório e expiratório) e a pressão na cavidade nasal e, assim, calcular sua resistência¹. Foi demonstrado que a resistência nasal (RN) é um parâmetro confiável para o monitoramento da ação de diferentes medicações e seguimento de testes de provocação nasal².

Entre as demais técnicas disponíveis, a rinometria acústica (RA) tem sido considerada muito promissora. Essa técnica é relativamente nova e possibilita a avaliação da geometria nasal empregando um equipamento (rinômetro acústico) que emite e capta ondas sonoras na entrada da cavidade nasal, mapeando sua anatomia, com a mensuração de seu volume e área transversal em diferentes pontos³. Estudos demonstraram que a RA é um método confiável e reprodutível para análise do volume nasal de crianças e de adultos⁴. Devido às suas propriedades, a RA foi utilizada para estudar a definição de indicação cirúrgica de pacientes com distúrbios anatômicos da via aérea superior⁵, na avaliação da ação de drogas utilizadas no tratamento da rinite alérgica⁶ e para melhor compreensão da fisiologia nasal⁷.

Essas duas técnicas, entretanto, mensuram variáveis de natureza distinta. Enquanto a rinomanometria calcula dinamicamente uma variável fisiológica (RN) da respiração nasal, a RA estaticamente mede volumes e áreas da cavidade nasal. Apesar dessas técnicas já terem sido independentemente validadas, as informações disponíveis sobre as correlações entre elas são escassas. Não está definido, ainda, em que extensão uma técnica se correlaciona com a outra, qual parâmetro da RA deve ser empregado nas comparações com a RN, e se há variações entre adultos e crianças ou mesmo entre pacientes com diferentes graus de obstrução nasal.

Este estudo teve por objetivo avaliar as correlações entre a RN e diferentes parâmetros de volume e área transversal mensurados pela RA em crianças e adolescentes com rinite alérgica persistente e em controles.

MÉTODO

Pacientes

O grupo que apresentava rinite alérgica foi constituído por crianças com idade superior a 6 anos e adolescentes com até 18 anos matriculados e regularmente acompanhados em ambulatório especializado. Todos tinham diagnóstico de rinite alérgica persistente há pelo menos um ano, de acordo com a iniciativa ARIA⁸ e teste cutâneo de leitura imediata positivo (diâmetro médio da pápula igual ou superior a 3 mm)⁹ para pelo menos um alérgeno inalado (*D. pteronyssinus*, *D. farinae*, *Blomia*

tropicalis, epitélio de cão, epitélio de gato, *Periplaneta americana*, *Blatella germanica*, mistura de fungos, mistura de polens [IPI-ASAC, Brasil]). Foram excluídas as crianças com defeitos anatômicos significativos da via aérea superior (desvio de septo [rinoscopia anterior] e hipertrofia de adenoides [radiografia de cavum]), as em uso de corticosteroides sistêmicos ou nasais (últimos 30 dias) e as com história de infecção das vias aéreas superiores nos últimos 30 dias.

Constituíram o grupo controle crianças e adolescentes, de mesma faixa etária, sem história clínica de rinite e de outras doenças atópicas, sem alterações significativas das fossas nasais à rinoscopia anterior e com teste cutâneo negativo para a mesma bateria de alérgenos inalados.

Avaliação da função nasal

A medição da função nasal foi realizada por duas técnicas distintas, de forma consecutiva. Todas as avaliações foram realizadas com a criança sentada e com a cabeça em posição neutra, 20 minutos após aclimação em sala com temperatura (20°C a 25°C) e umidade (50%) controladas. A RA foi realizada empregando-se rinômetro acústico SRE 2000 (Rhinometrics, Dinamarca) de acordo com as recomendações existentes¹. Os seguintes parâmetros foram avaliados: volume da cavidade nasal nos seus quatro centímetros proximais (0 a 4,0 cm, V4), entre 0 e 5,0 cm (V5), no seguimento entre 2,0 e 5,0 cm (V2-5) e menor área transversal no seguimento entre 0 e 2,2 cm (MC1) e entre 2,2 e 5,4 cm (MC2). As dimensões de cada narina foram avaliadas e analisadas separadamente.

A RN foi mensurada por rinomanometria anterior ativa (RMAA), empregando-se o mesmo aparelho utilizado na medição da RA. A RN (inspiratória) foi medida em 75 Pa, por um mesmo operador, em triplicata, sendo aceitas somente aquelas com variação inferior a 10%.

Todos os parâmetros foram obtidos em três momentos:

1. Basal: obtidos após aclimação na sala de exame e antes da administração de qualquer medicamento.
2. Obstruído: ao término do teste de provocação nasal, após incremento de pelo menos 100% na resistência nasal total basal, com instilação de soluções com concentrações crescentes de histamina (0,12; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0 e 8,0 mg/ml, IPI-ASAC Brasil).
3. Desobstruído: 10 minutos após a aplicação de descongestionante tópico (três gotas de oximetazolina [0,5 mg/ml] em cada narina).

Essas avaliações foram realizadas no mesmo dia, de forma sequencial, sendo a primeira a do momento basal, seguida pela avaliação após indução de obstrução nasal e, por último, a desobstruída (após uso de descongestionante nasal).

O estudo das relações entre as variáveis foi realizado por teste não paramétrico de correlação (Spearman), empregando-se o pacote estatístico SPSS 14.0. Em todas as análises estipulou-se em 5% o nível de rejeição para a hipótese de nulidade.

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UNIFESP-EPM (protocolo nº 0705/04) e todas as crianças e adolescentes tiveram o termo de consentimento livre e esclarecido assinado por seus pais e/ou responsáveis legais antes da realização dos exames.

RESULTADOS

Dos 25 pacientes selecionados para constituírem o grupo rinite alérgica, três foram eliminados por dificuldades técnicas durante a realização dos testes, um por falta de cooperação e outro por infecção de via aérea superior. De forma semelhante, dos 24 controles selecionados, dois foram descartados por dificuldades técnicas e os outros dois por estarem na vigência de episódio agudo de infecção de vias aéreas superiores. Deste modo, os dois grupos foram formados por 20 pacientes.

Os coeficientes de correlação entre os valores de RN e os distintos parâmetros de RA determinados nos pacientes com rinite alérgica estão mostrados na Tabela 1. Nela podemos observar que, de modo geral, as correlações entre RN e os volumes foram mais fortes que as observadas com as áreas transversais. Não houve correlação significativa entre MC1 e a RN em nenhum dos três momentos avaliados. V5, V4 e V2-5 apresentaram correlação significativa nos três momentos.

Tabela 1. Coeficientes de correlação de Spearman (r) entre a resistência nasal (RN) e diferentes parâmetros obtidos pela rinometria acústica no grupo de crianças e adolescentes com rinite alérgica, avaliados no momento basal, quando obstruídos e após descongestionante nasal.

RN versus	Basal		Obstruído		Descongestionante	
	r	p	r	p	r	p
V5	-0,60	< 0,001	-0,68	< 0,001	-0,49	0,001
V4	-0,49	0,001	-0,48	0,001	-0,51	< 0,001
V2-5	-0,58	< 0,001	-0,69	< 0,001	-0,54	< 0,001
MC1	-0,06	0,3	0,03	0,4	-0,08	0,3
MC2	-0,44	0,002	-0,61	< 0,001	-0,43	0,003

V5: volume dos primeiros 5,0 cm da cavidade nasal; V4: volume dos primeiros 4,0 cm da cavidade nasal; V2-5: volume da cavidade nasal no segmento entre 2,0 e 5,0 cm; MC1: menor área transversal entre 0 e 2,2 cm; MC2: menor área transversal entre 2,2 e 5,4 cm.

Na Tabela 2 estão expostas as correlações encontradas no grupo controle. Neste grupo, os volumes apresentaram coeficientes de correlação mais fracos, inferiores a 0,50, sendo V2-5 foi o volume com pior correlação com a

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Spearman (r) entre a resistência nasal (RN) e diferentes parâmetros obtidos pela rinometria acústica no grupo de controles avaliados no momento basal, quando obstruídos e após descongestionante nasal.

RN versus	Basal		Obstruído		Descongestionante	
	r	p	r	p	r	p
V5	-0,35	0,01	-0,49	0,001	-0,38	0,008
V4	-0,34	0,02	-0,38	0,007	-0,37	0,01
V2-5	-0,15	0,08	-0,32	0,02	-0,29	0,02
MC1	-0,53	< 0,001	-0,34	0,02	-0,54	< 0,001
MC2	-0,32	0,02	-0,54	< 0,001	-0,49	0,001

V5: volume dos primeiros 5,0 cm da cavidade nasal; V4: volume dos primeiros 4,0 cm da cavidade nasal; V2-5: volume da cavidade nasal no segmento entre 2,0 e 5,0 cm; MC1: menor área transversal entre 0 e 2,2 cm; MC2: menor área transversal entre 2,2 e 5,4 cm.

RN. Diferentemente do observado para os pacientes com rinite alérgica, nos controles MC1 apresentou correlação significativa com a RN, sendo, entre todos, o parâmetro com melhor correlação no momento basal e após descongestionante.

A Tabela 3 mostra os valores dos coeficientes de correlação entre a RN e os parâmetros de RA nos pacientes e controles. Com exceção de MC1, todos os parâmetros apresentaram correlação negativa e significativa com a RN nos três momentos. V5 foi o parâmetro que apresentou melhor correlação com RN nos três momentos avaliados. No momento basal, as correlações dos diversos volumes com a RN foram mais fortes do que as observadas após a aplicação de descongestionante tópico nasal.

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Spearman (r) entre a resistência nasal (RN) e diferentes parâmetros obtidos pela rinometria acústica no grupo total de crianças e adolescentes (com rinite alérgica e controles), avaliados no momento basal, quando obstruídos e após descongestionante nasal.

RN versus	Basal		Obstruído		Descongestionante	
	r	p	r	p	r	p
V5	-0,53	< 0,001	-0,58	< 0,001	-0,46	< 0,001
V4	-0,47	< 0,001	-0,43	< 0,001	-0,45	< 0,001
V2-5	-0,49	< 0,001	-0,52	< 0,001	-0,40	< 0,001
MC1	-0,29	0,005	-0,15	0,09	-0,27	0,008
MC2	0,46	< 0,001	-0,58	< 0,001	-0,44	< 0,001

V5: volume dos primeiros 5,0 cm da cavidade nasal; V4: volume dos primeiros 4,0 cm da cavidade nasal; V2-5: volume da cavidade nasal no segmento entre 2,0 e 5,0 cm; MC1: menor área transversal entre 0 e 2,2 cm; MC2: menor área transversal entre 2,2 e 5,4 cm.

Quando os dados das avaliações dos três diferentes momentos foram agrupados, verificamos correlações mais fortes e significantes com os diferentes parâmetros de RA (Tabela 4). Nos pacientes com rinite alérgica e no grupo total

Tabela 4. Coeficientes de correlação de Spearman (*r*) entre a resistência nasal (RN) e diferentes parâmetros obtidos pela rinometria acústica no grupo de crianças e adolescentes com rinite alérgica, nos controles e no grupo total, na análise conjunta dos três momentos (basal, obstruído e após descongestionante nasal).

RN versus	Controles		Rinite		Total	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
V5	-0,63	< 0,001	-0,70	< 0,001	-0,67	< 0,001
V4	-0,57	< 0,001	-0,61	< 0,001	-0,61	< 0,001
V2-5	-0,64	< 0,001	-0,57	< 0,001	-0,65	< 0,001
MC1	-0,61	0,04	-0,17	< 0,001	-0,36	< 0,001
MC2	-0,66	< 0,001	-0,60	< 0,001	-0,62	< 0,001

V5: volume dos primeiros 5,0 cm da cavidade nasal; V4: volume dos primeiros 4,0 cm da cavidade nasal; V2-5: volume da cavidade nasal no segmento entre 2,0 e 5,0 cm; MC1: menor área transversal entre 0 e 2,2 cm; MC2: menor área transversal entre 2,2 e 5,4 cm.

V5 foi novamente o parâmetro com melhor correlação com a RN ($r = -0,70$ e $r = -0,67$, respectivamente), sendo MC2 o parâmetro melhor com melhor correlação com a RN no grupo controle ($r = -0,66$). A única correlação não significativa com a RN foi a de MC1 no grupo de pacientes com rinite alérgica.

DISCUSSÃO

A obstrução nasal é descrita como um dos principais sintomas de pacientes com rinopatias. Em pacientes com rinite, esse sintoma é um dos mais frequentemente relatados, além de ser associado a uma série de complicações, como distúrbios do sono, déficit de aprendizado e de atenção, alterações do desenvolvimento facial e sinusites¹⁰⁻¹⁴. Diversos estudos, entretanto, documentaram grande variabilidade e imprecisão na avaliação subjetiva desse sintoma por parte dos pacientes, quando comparada com métodos objetivos¹⁵⁻¹⁸. Diversas explicações podem justificar tais discrepâncias. A sensação de obstrução nasal parece não ser determinada exclusivamente pelo tamanho patente da cavidade nasal, podendo ser influenciada, por exemplo, por variações no complexo óstio-meatal e por diferentes tipos de estímulos locais^{17,19}. Além disso, pacientes com obstrução nasal crônica podem se acostumar com a obstrução nasal, minimizando sua gravidade¹⁶.

Entre os diferentes métodos objetivos de avaliação da função nasal desenvolvidos até o momento, a rino-manometria permanece como método mais estudado e padronizado, sendo considerada por vários autores como método de referência para o estudo da função nasal^{17,19}. Em pacientes sem alterações anatômicas obstrutivas da via aérea superior, a RN reflete de forma indireta o grau de inflamação da mucosa nasal¹⁷.

A RA consiste em um método de avaliação das dimensões da cavidade nasal, já devidamente validado contra outros métodos de avaliação anatômica. Em pacientes com

obstrução nasal e em controles, os volumes da porção proximal do nariz (primeiros seis centímetros), obtidos por RA, foram semelhantes aos encontrados por tomografia computadorizada e ressonância nuclear magnética²⁰⁻²².

Até o momento, porém, poucos estudos avaliaram as relações entre a resistência e as medidas da cavidade nasal. Alguns trabalhos com provocação nasal demonstraram que a indução de obstrução ao mesmo tempo em que aumenta a resistência, diminui os volumes²³⁻²⁵. Estes estudos, entretanto, não avaliaram diretamente as correlações entre essas variáveis.

Os dados obtidos no presente estudo mostram haver boa correlação negativa e significativa entre os valores de RA e RN. De modo geral, os volumes nasais (V4, V5 e V2-5) apresentaram melhor correlação com a RN do que as menores áreas seccionais (MC1 e MC2). Esse achado foi consistente nos diversos momentos avaliados (basal, após indução de obstrução nasal e após uso de descongestionante nasal, Tabela 3). Outros autores, avaliando o comportamento da função nasal em testes de provocação nasal, também verificaram que os volumes são parâmetros mais confiáveis do que as menores áreas transversais^{1,26}. Os volumes da cavidade nasal parecem, ainda, ser mais sensíveis e confiáveis do que as menores áreas transversais para a avaliação da congestão nasal²⁷ e monitoramento da resposta a diferentes doses de descongestionante tópico nasal²⁸.

Tradicionalmente, espera-se que a resistência de um tubo seja diretamente determinada pelo seu menor diâmetro. Desta forma, a ausência de correlação significativa entre a RNT e as menores áreas transversais, observada em alguns momentos (obstruído e após descongestionante), foi um achado inesperado. O número relativamente pequeno de pacientes avaliados pode ter contribuído para isso. Quando essas mesmas correlações foram calculadas com um maior número de observações, na análise conjunta dos dados, observamos melhora expressiva nos valores dos coeficientes de correlação (Tabela 4). Qian et al.²⁷ estudaram as relações da resistência ao fluxo aéreo com o volume e a menor área transversal empregando diversos modelos de cavidade nasal. Variando o volume do modelo, mas mantendo fixo seu menor diâmetro interno, esses autores demonstraram que a resistência correlaciona-se melhor com o volume do que com sua menor área transversal.

Na análise das correlações entre a RN e as menores áreas transversais, foi interessante observar a discrepância entre os achados no grupo com rinite alérgica e no grupo controle, sendo MC1 fracamente correlacionada com a RN no grupo rinite e fortemente correlacionada no grupo controle (Tabelas 1 e 2). As diferentes características anatômicas da porção mais inicial (referente à MC1) e final (referente à MC2) da cavidade nasal podem explicar tais achados. A porção inicial da cavidade nasal envolve o vestíbulo, recoberto por epitélio e sem tecido

erétil, enquanto a segunda porção é revestida por mucosa e, dessa forma, mais suscetível a obstrução em pacientes com rinite alérgica²⁷.

Os escassos estudos existentes que compararam a resistência nasal com parâmetros de RA mostraram grande variabilidade de resultados. Diferenças no método, nos equipamentos utilizados, na população estudada e, principalmente, nas variáveis selecionadas podem justificar tais achados. Scadding et al.²⁹ correlacionaram os achados da RN e da menor área transversal em pacientes submetidos à provocação nasal específica. Na análise conjunta dos dados, observaram correlação significativa e inversa entre as variáveis ($r = -0,60$), semelhante à encontrada em nosso estudo para MC2 ($r = -0,52$). Mais recentemente, Zhang et al.³⁰ publicaram uma avaliação das correlações entre resistência nasal e o volume dos seis primeiros centímetros de narinas em separado em 316 adultos com queixas de obstrução nasal. Esses autores encontraram correlações significantes, tanto antes ($r = -0,43$), quanto após o uso de descongestionante nasal ($r = -0,37$). Os valores encontrados nesse estudo também foram particularmente próximos aos encontrados por nós.

Numminen et al.³¹ compararam diferentes métodos objetivos de avaliação da função nasal em 69 adultos durante quadro agudo de infecção viral. Foram realizadas três avaliações em dias diferentes e, no final, observaram correlação significativa, tanto entre a área transversal mínima e o volume nasal (V2-5) com a RN. Apesar de significantes, todas as correlações foram inferiores a 0,40, fato que, segundo os autores, indicaria baixa significância clínica. Esse mesmo grupo de autores publicou outro estudo em que correlacionaram os achados da função nasal de 249 adultos sem doença respiratória e sem queixas de obstrução nasal³². Nesse estudo, encontraram resultados discordantes do anterior, demonstrando ausência de correlação significativa entre a RN e os valores das menores áreas transversais e do volume da cavidade nasal entre 1,0 e 4,0 cm. Da mesma forma, Taverner et al.³³ não observaram correlação significativa entre os valores basais de RN e das menores transversais (entre 2,2 e 5,4 cm) em 52 pacientes com resfriado comum.

Apesar dessas divergências, nos parece consensual a significativa independência observada entre as variáveis de RA e a RN. Os coeficientes de correlação encontrados em nosso estudo, na faixa de 0,5, corroboram tal hipótese. As diferenças entre as técnicas e entre a natureza das variáveis facilmente justificam este achado.

Até o momento, não há consenso sobre qual ou quais volumes da cavidade nasal seriam os mais indicados para serem registrados na RA de crianças. Em adultos, é recomendado que pelo menos o V5 seja sempre mensurado e, quando se estiver avaliando alterações de mucosa nasal, também o V2-5¹. Em crianças, volumes menores já foram sugeridos²⁷. Por isso, optamos por avaliar as correlações de RN com diferentes volumes. No momento basal,

não houve diferenças marcantes entre as correlações da RN e dos diferentes volumes analisados (V5, V4 e V2-5; Tabela 3), sendo V5 o parâmetro com melhor correlação. Além disso, V5 foi o parâmetro que apresentou melhor correlação com a RN nos pacientes com rinite alérgica e no grupo total (Tabela 4).

CONCLUSÃO

Nesse estudo, demonstramos haver correlação significativa entre a RN e diferentes variáveis anatômicas, mensuradas por RA em crianças e adolescentes com rinite alérgica e controles. Na maioria das avaliações, os volumes da cavidade nasal apresentaram melhores correlações com a RN do que as menores áreas transversais e, entre eles, o V5 foi o parâmetro isolado mais fortemente correlacionado com RN. O V5 demonstrou correlacionar-se significativamente com RN independentemente da presença de doença nasal e do grau de obstrução nasal.

REFERÊNCIAS

1. Clement PA, Gordts F; Standardisation Committee on Objective Assessment of the Nasal Airway, IRS, and ERS. Consensus report on acoustic rhinometry and rhinomanometry. *Rhinology*. 2005;43(3):169-79.
2. Malm L, Gerth van Wijk R, Bachert C. Guidelines for nasal provocations with aspects on nasal patency, airflow, and airflow resistance. International Committee on Objective Assessment of the Nasal Airways, International Rhinologic Society. *Rhinology*. 2000;38(1):1-6.
3. Djupesland P, Pedersen OF. Acoustic rhinometry in infants and children. *Rhinol Suppl*. 2000;16:52-8.
4. Phipatanakul W, Kesavanathan J, Eggleston PA, Johnson EF, Wood RA. The value of acoustic rhinometry in assessing nasal responses to cat exposure. *J Allergy Clin Immunol*. 1998;102(6 Pt 1):896-901.
5. Fouke JM, Jackson AC. Acoustic rhinometry: effects of decongestants and posture on nasal patency. *J Lab Clin Med*. 1992;119(4):371-6.
6. Fisher EW, Scadding GK, Lund VJ. The role of acoustic rhinometry in studying the nasal cycle. *Rhinology*. 1993;31(2):57-61.
7. Ganslmayer M, Spertini F, Rahm F, Terrien MH, Mosimann B, Leimgruber A. Evaluation of acoustic rhinometry in a nasal provocation test with allergen. *Allergy*. 1999;54(9):974-9.
8. Bousquet J, van Cauwenberge P, Khaltaev N, Aria Workshop Group; World Health Organization. Allergic rhinitis and its impact on asthma. *J Allergy Clin Immunol*. 2001;108(5 Suppl):S147-334.
9. Oppenheimer J, Nelson H. Skin testing. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2006;96(2 Suppl 1):S6-12.
10. Nathan RA. The pathophysiology, clinical impact, and management of nasal congestion in allergic rhinitis. *Clin Ther*. 2008;30(4):573-86.
11. Shapiro PA. Effects of nasal obstruction on facial development. *J Allergy Clin Immunol*. 1988;81(5 Pt 2):967-71.
12. Storms W. Allergic rhinitis-induced nasal congestion: its impact on sleep quality. *Prim Care Respir J*. 2008;17(1):7-18.
13. Meltzer EO. Quality of life in adults and children with allergic rhinitis. *J Allergy Clin Immunol*. 2001;108(1 Suppl):S45-53.
14. Brawley A, Silverman B, Kearney S, Guanzon D, Owens M, Bennett H, et al. Allergic rhinitis in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2004;92(6):663-7.
15. Chan KO, Huang ZL, Wang DY. Acoustic rhinometric assessment of nasal obstruction after treatment with fluticasone propionate in patients with perennial rhinitis. *Auris Nasus Laryngx*. 2003;30(4):379-83.
16. Lam DJ, James KT, Weaver EM. Comparison of anatomic, physiological, and subjective measures of the nasal airway. *Am J Rhinol*. 2006;20(5):463-70.

-
17. Nathan RA, Eccles R, Howarth PH, Steinsvåg SK, Togias A. Objective monitoring of nasal patency and nasal physiology in rhinitis. *J Allergy Clin Immunol.* 2005;115(3 Suppl 1):S442-59.
 18. Clarke JD, Hopkins ML, Eccles R. Evidence for correlation of objective and subjective measures of nasal airflow in patients with common cold. *Clin Otolaryngol.* 2005;30(1):35-8.
 19. Davis SS, Eccles R. Nasal congestion: mechanisms, measurement and medications. Core information for the clinician. *Clin Otolaryngol Allied Sci.* 2004;29(6):659-66.
 20. Corey JP, Gungor A, Nelson R, Fredberg J, Lai V. A comparison of the nasal cross-sectional areas and volumes obtained with acoustic rhinometry and magnetic resonance imaging. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 1997;117(4):349-54.
 21. Numminen J, Dastidar P, Heinonen T, Karhuketo T, Rautiainen M. Reliability of acoustic rhinometry. *Respir Med.* 2003;97(4):421-7.
 22. Terheyden H, Maune S, Mertens J, Hilberg O. Acoustic rhinometry: validation by three-dimensionally reconstructed computer tomographic scans. *J Appl Physiol.* 2000;89(3):1013-21.
 23. Pirilä T, Nuutinen J. Acoustic rhinometry, rhinomanometry and the amount of nasal secretion in the clinical monitoring of the nasal provocation test. *Clin Exp Allergy.* 1998;28(4):468-77.
 24. Roithmann R, Shpirer I, Cole P, Chapnik J, Szalai JP, Zamel N. The role of acoustic rhinometry in nasal provocation testing. *Ear Nose Throat J.* 1997;76(10):747-50.
 25. Hellgren J, Jarlstedt J, Dimberg L, Torén K, Karlsson G. A study of some current methods for assessment of nasal histamine reactivity. *Clin Otolaryngol Allied Sci.* 1997;22(6):536-41.
 26. Nielsen LP, Bjerke T, Christensen MB, Pedersen B, Rasmussen TR, Dahl R. Assessment of the allergic reaction in seasonal rhinitis: acoustic rhinometry is a sensitive and objective method. *Clin Exp Allergy.* 1996;26(11):1268-75.
 27. Qian W, Chen W, Chen JM, Hiaght J. Acoustic rhinometry in preschool children. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2007;137(1):39-42.
 28. Taverner D, Bickford L, Shakib S, Tonkin A. Evaluation of the dose-response relationship for intra-nasal oxymetazoline hydrochloride in normal adults. *Eur J Clin Pharmacol.* 1999;55(7):509-13.
 29. Scadding GK, Darby YC, Austin CE. Acoustic rhinometry compared with anterior rhinomanometry in the assessment of the response to nasal allergen challenge. *Clin Otolaryngol Allied Sci.* 1994;19(5):451-4.
 30. Zhang G, Solomon P, Rival R, Fenton RS, Cole P. Nasal airway volume and resistance to airflow. *Am J Rhinol.* 2008;22(4):371-5.
 31. Numminen J, Ahtinen M, Huhtala H, Rautiainen M. Comparison of rhinometric measurements methods in intranasal pathology. *Rhinology.* 2003;41(2):65-8.
 32. Numminen J, Ahtinen M 3rd, Huhtala H, Laranne J, Rautiainen M. Correlation between rhinometric measurement methods in healthy young adults. *Am J Rhinol.* 2002;16(4):203-8.
 33. Taverner D, Danz C, Economos D. The effects of oral pseudoephedrine on nasal patency in the common cold: a double-blind single-dose placebo-controlled trial. *Clin Otolaryngol Allied Sci.* 1999;24(1):47-51.